

*Проаналізовано відомі методи розрахунку параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок. Обґрунтована необхідність їх удосконалення. Запропоновано оригінальний метод розрахунку раціональних параметрів поздовжнього профілю. Наведена постановка задачі визначення раціональних параметрів поздовжнього профілю як задачі стохастичного програмування*

*Ключові слова: сортувальна гірка, поздовжній профіль, висота, гальмова позиція, бігун*

*Проанализированы известные методы расчета параметров продольного профиля спускной части сортировочных горок. Обоснована необходимость их совершенствования. Предложен оригинальный метод расчета рациональных параметров продольного профиля. Приведена постановка задачи определения рациональных параметров продольного профиля как задачи стохастического программирования*

*Ключевые слова: сортировочная горка, продольный профиль, высота, тормозная позиция, бегун*

*The known methods of calculation of parameters of longitudinal type of drain part of sorting humps are analysed. The necessity of their perfection is grounded. The original method of calculation of rational parameters of longitudinal type is offered. Raising of task of determination of rational parameters of longitudinal type as tasks of the stochastic programing is resulted*

*Key words: sorting hump, longitudinal type, height, brake position, runner*

# УДОСКОНАЛЕННЯ НАУКОВОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРАХУНКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ СПУСКНОЇ ЧАСТИНИ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

**О.М. Огар**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Українська державна академія залізничного транспорту

майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

Контактний тел.: 8 (057) 730-10-42

## 1. Вступ

Ефективність експлуатації сортувальних пристроїв в першу чергу залежить від технології сортувального процесу, що застосовується, якості конструкції і управління процесами у сортувальному комплексі, технічного стану колійного розвитку, гіркових локомотивів і засобів регулювання швидкості скочування відчепів, надійності функціонування пристроїв гіркової автоматики. В теперішній час основними напрямками підвищення ефективності експлуатації вказаних засобів транспорту є оновлення гіркової техніки, впровадження ресурсозберігаючих технологій, систем підтримки прийняття рішень, програм-тренажерів для підвищення професійного рівня гіркових операторів тощо. У найближчий перспективі при умові стабільності світової економіки і політичного курсу України

зазначені напрямки можуть бути доповнені напрямком, орієнтованим на перебудову або реконструкцію існуючих сортувальних пристроїв із застосуванням енерго- і ресурсозберігаючих конструкцій.

## 2. Постановка проблеми

Однією з основних характеристик конструкції сортувального пристрою є поздовжній профіль. В межах спускної частини існуючих сортувальних гірок залізниць України, як правило, профіль запроєктований зі швидким переходом від крутого першого елемента до пологого елемента на стрілочній зоні. Такий тип поздовжнього профілю в першу чергу орієнтований на отримання високих середніх швидкостей з метою мінімізації тривалості розпуску составів і, відповідно,

простою составів в очікуванні розформування в парку приймання.

Сучасні розміри переробки вагонопотоків, суттєві зміни тарифної політики і постійне зростання цін на паливно-енергетичні ресурси ставлять під питання доцільність застосування традиційної конструкції позовжнього профілю на залізничних станціях України.

### 3. Аналіз досліджень і публікацій

Дослідження конструкцій позовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок і методи розрахунку параметрів окремих його елементів відображені в працях таких вчених, як Є.О. Гибшман, І.І. Страковський, В.Є. Павлов, М.В. Правдін, Є.В. Нагорний, М.І. Федотов, Б.О. Кривошей, С.А. Бессоненко, М.П. Божко, В.І. Смирнов, А.С. Писанко, Ю.Т. Гуричев, А.І. Гуда, С.Н. Дегтярьов, Н.Н. Новгородов, М.М. Дашков та ін.

Дослідження, що проводилися у минулому сторіччі, в основному були спрямовані на підвищення переробної спроможності сортувальних гірок і не враховували ступінь використання паливно-енергетичних ресурсів. Протягом останнього десятиріччя найбільш відомими працями в області удосконалювання конструктивних параметрів позовжнього профілю спускної частини стали праці М.В. Правдіна і С.А. Бессоненка [1–5].

Вказані вчені запропонували комплексний розрахунок параметрів сортувальних гірок виконувати з використанням імовірних показників. При цьому оптимізаційні розрахунки даних параметрів передбачається виконувати за критерієм мінімуму тривалості розформування составів, що не завжди може сприяти збереженню енергетичних і виробничих ресурсів.

Спроба з нових позицій підійти до задачі оптимізації позовжнього профілю спускної частини гірки була здійснена автором у [6]. Пізніше було запропоновано оптимізацію позовжнього профілю здійснювати за критерієм мінімізації потрібної потужності гальмових засобів спускної частини [7, 8]. Ефективним даний підхід є тільки при комбінованому варіанті механізації гіркових гальмових позицій (потужними і малопотужними вагонними уповільнювачами), який дозволяє в більшій мірі регулювати їх наявну потужність. Загальним недоліком запропонованих методів є відсутність врахування стохастичного характеру окремих вихідних даних.

Удосконалення наукового підходу до розрахунку висоти сортувальної гірки, основні положення якого наведено в [9], змусило автора знов повернутися до вказаної задачі і розглянути її як задачу комплексного проектування висоти і позовжнього профілю у новій постановці.

### 4. Формулювання мети (постановка завдання)

Оскільки висота сортувальної гірки є основним конструктивним параметром, який впливає на використання паливно-енергетичних і виробничих ресурсів, метою даних досліджень є її зменшення за рахунок застосування спеціальної конструкції позовжнього профілю спускної частини.

### 5. Обґрунтування наукового підходу до визначення раціональних параметрів позовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок

Наукова задача оптимізації позовжнього профілю спускної частини гірки вирішена автором у [6] для випадку, коли висота гірки розраховується згідно з [10], тобто є постійною величиною. У новій постановці цієї задачі висота гірки є випадковою величиною, закон розподілу якої визначається з використанням методу статистичного моделювання, і критерієм оптимізації позовжнього профілю, оскільки за запропонованим автором методом визначається шляхом моделювання скочування розрахункового бігуна (РБ) і залежить від його середньої швидкості, яку створює на дільницях гірки крутизна уклонів.

Мінімальну середню швидкість РБ на маршруті скочування від вершини гірки (ВГ) до розрахункової точки (РТ) можна отримати тільки за рахунок застосування конструкції позовжнього профілю випуклого типу. Однак ряд відомих конструктивних обмежень, технічних і технологічних умов, серед яких основними є забезпечення швидкого відриву відчепів і створення достатніх інтервалів між ними на розділових елементах гірки, не дозволяють застосовувати такий профіль.

Максимально наблизитись до профілю випуклого типу можна при проектуванні елементів позовжнього профілю, що складають першу частину спускної частини (до другої гальмової позиції (ГП)), з мінімально можливою крутизою (крім швидкісного елемента), а решти елементів – з максимально можливою крутизою. До швидкісного елемента висовуються дві суперечливі вимоги. З одного боку цей елемент є вирішальним з позиції забезпечення швидкого відриву відчепів і створення достатніх інтервалів між ними, про що було сказано вище. З іншого боку швидкісний елемент є також вирішальним при формуванні середньої швидкості відчепу на маршруті скочування від ВГ до РТ. Задовольнити вказаним вимогам одночасно у деякому ступені можна шляхом проектування першого та другого елементів профілю спускної частини з максимальною різницею міри нахилу цих елементів  $25^\circ$ , що забезпечить мінімальну профільну висоту дільниці від ВГ до кінця другого елемента профілю і більш сприятливі умови для відриву відчепів, ніж при проектуванні перших двох елементів з незначною різницею міри нахилу.

При такому підході в залежності від розрахункових метеорологічних умов конструкція позовжнього профілю спускної частини може представляти з себе:

- 1) одну дільницю вгнутого типу з мінімальною крутизою елементів профілю (рис. 1);
- 2) дві дільниці вгнутого типу. При цьому проміжний елемент і елемент II ГП створюють сходинку (рис. 2);
- 3) комбінацію дільниць вгнутого і випуклого типу (рис. 3).



Рис. 1. Спеціальна конструкція позовжнього профілю спускної частини (варіант 1)

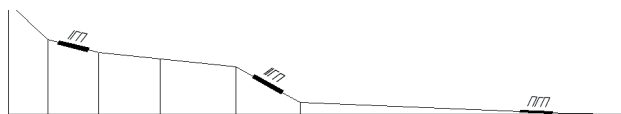


Рис. 2. Спеціальна конструкція поздовжнього профілю спускної частини (варіант 2)

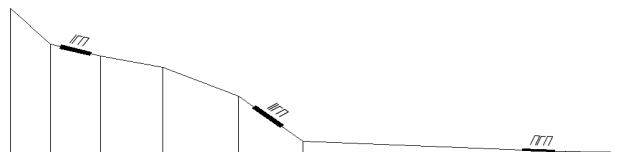


Рис. 3. Спеціальна конструкція поздовжнього профілю спускної частини (варіант 3)

Отримати параметри раціонального профілю можна:

1) із застосуванням оригінального методу, який пропонується автором і може бути використаний у новій редакції Правил і норм проектування сортувальних пристроїв, оскільки дозволяє виконувати оптимізаційні розрахунки профілю із застосуванням будь-якого відомого програмного забезпечення, що моделює скочування відцепів з гірки;

2) шляхом вирішення даної задачі як задачі стохастичного програмування у **P**-постановці.

*Оригінальний метод визначення раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок.*

В загальному виді процедура визначення міри нахилу елементів спеціальної конструкції поздовжнього профілю спускної частини полягає у наступному. На першому етапі за вихідну конструкцію поздовжнього профілю приймається профіль, параметри якого наведено у таблиці 1. При цьому пропонується проміжну ділянку гірок з розташуванням І ГП до першої розділової стрілки розбивати на дві ділянки для можливості підвищення впливу профілю на параметри сортувального процесу.

Таблиця 1

Параметри вихідної конструкції поздовжнього профілю спускної частини

| Елемент поздовжнього профілю спускної частини гірки                 |  | Позначення елементу поздовжнього профілю | Крутизна елементу поздовжнього профілю, о/оо |
|---|--|--|--|
| з розташуванням І ГП до першої розділової стрілки (гірка 1-го типу) | з розташуванням І ГП за першою розділовою стрілкою (гірка 2-го типу) |  |  |
| швидкісний  | перший швидкісний  | $i_1$                                    | 50   |
| І ГП  | другий швидкісний  | $i_2$                                    | 25   |
| перший проміжний  | І ГП   | $i_3$                                    | 7  |
| другий проміжний  | проміжний  | $i_4$                                    | 7  |
| ІІ ГП   |  | $i_5$                                    | 26,5   |
| стрілочна зона і ділянка сортувальних колій до кінця ПП             |  | $i_6$                                    | 1,5  |
| ділянка сортувальних колій від кінця ПП до РТ                       |  | $i_7$                                    | 0,6  |

На другому етапі визначається резерв інтервалу ( $\delta$ ) на останньому вагонному уповільнювачі І ГП між вагонами, що скочуються у розрахунковому сполученні розрахунковий бігун – хороший бігун (ХБ) у несприятливих метеорологічних умовах. Якщо  $\delta > 0$ , то зменшується міра нахилу перших двох елементів при збереженні різниці крутизни цих елементів 25 о/оо, якщо дозволяють обмеження, до виконання умови

$$\frac{l_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - 1 = 0,$$

де  $l_{\text{в}}^{\text{РБ}}$  – довжина РБ по осям автозчеплень, м;  
 $\Delta l_{\text{відр}}$  – різниця координат  $x_{\text{в}}$  РБ і ХБ у момент відриву, м;

$t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$  – тривалість скочування ХБ до моменту входу на останній уповільнювач І ГП, с;

$t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$  – тривалість скочування РБ до моменту виходу з останнього уповільнювача І ГП, с.

На третьому етапі у несприятливих метеорологічних умовах визначається швидкість РБ у РТ ( $V_{\text{РТ}}^{\text{РБ}}$ ). Якщо РБ не докочується до РТ, то збільшується крутизна четвертого елементу профілю до виконання умови

$$0 < V_{\text{РТ}}^{\text{РБ}} \leq 0,2. \quad (1)$$

Якщо  $V_{\text{РТ}}^{\text{РБ}} > 0,2$ , зменшується крутизна п'ятого елементу профілю до виконання умови (1).

На четвертому етапі у несприятливих метеорологічних умовах виконується гальмування ХБ на останньому уповільнювачі І ГП за умовами

$$\frac{l_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.1}} - t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{СТР.1}} - 1 \geq 0 \quad (\text{для гірки 1-го типу});$$

$$\frac{l_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.2}} - t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{СТР.2}} - 1 \geq 0;$$

$$\frac{l_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{УП.1 ПП}} - t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{УП.1 ПП}} - 1 \geq 0;$$

.....

$$\frac{l_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - 1 \geq 0,$$

де  $t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.1}}$ ,  $t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.2}}$ ,  $t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{УП.1 ПП}}$ ,  $t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$  – тривалість скочування ХБ відповідно до моменту входу на першу та другу стрілочні переводи, перший та останній уповільнювачі І ГП, с;

$t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{СТР.1}}$ ,  $t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{СТР.2}}$ ,  $t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{УП.1 ПП}}$ ,  $t_{\text{ВІХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$  – тривалість скочування РБ відповідно до моменту виходу з першого та другого стрілочних переводів, першого та останнього уповільнювачів І ГП, с.

На п'ятому етапі у несприятливих метеорологічних умовах:

1) виконується гальмування ХБ на уповільнювачах ІІ ГП за умовою

$$\frac{I_{\text{в}}^{\text{ХБ}} + \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{ОСТ.СТР}} - t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{ОСТ.СТР}} - 1 = 0,$$

де  $I_{\text{в}}^{\text{ХБ}}$  – довжина ХБ по осям автозчеплень, м;

$t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{ОСТ.СТР}}$  – тривалість скочування РБ до моменту входу на останній стрілочний перевід, с;

$t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{ОСТ.СТР}}$  – тривалість скочування ХБ до моменту виходу з останнього стрілочного переводу, с;

2) перевіряється умова розділення розрахункових бігунів у сполученні ХБ–РБ на інших розділових елементах

$$\frac{I_{\text{в}}^{\text{ХБ}} + \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - 1 \geq 0;$$

3) перевіряється умова розділення розрахункових бігунів у сполученні РБ–ХБ на стрілочних переводах, що розташовані за II ГП,

$$\frac{I_{\text{в}}^{\text{РБ}} + \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.3,4...}} - t_{\text{ВИХ РБ}}^{\text{СТР.3,4...}} - 1 \geq 0.$$

Якщо якась з умов не виконується слід підвищити висоту гірки за рахунок збільшення міри нахилу відповідних елементів профілю в рамках встановлених обмежень.

*Постановка задачі визначення раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок як задачі стохастичного програмування.*

Оскільки висота гірки є випадковою величиною, то задача визначення раціональних конструктивних параметрів поздовжнього профілю спускної частини може бути представлена як задача стохастичного програмування у **Р**-постановці [11], суть якої зводиться до наступного.

Необхідно знайти такі значення крутизни елементів поздовжнього профілю, при яких максимізується імовірність того, що висота гірки по сортувальній колії  $z$  ( $H_{\Gamma_z}$ ) буде не гірше попередньо заданої допустимої найгіршої (максимальної) висоти гірки ( $H_{\Gamma}^{\text{max}}$ ), тобто

$$P(H_{\Gamma_z} < H_{\Gamma}^{\text{max}}) = P\left(\sum_{j=1}^7 I_{j_z} \cdot l_{j_z} \cdot 10^{-3} < H_{\Gamma}^{\text{max}}\right) \rightarrow \max,$$

де  $I_{j_z}$ ,  $l_{j_z}$  – відповідно крутизна, о/оо, і довжина, м,  $j$ -го елемента профілю по маршруту скочування вагонів на сортувальну колію  $z$ .

Дана задача вирішується при наступних обмеженнях-рівностях

$$\begin{cases} I_{1_z} \leq 50; \\ 7 \leq I_{2_z} \leq 25 \text{ (для гірок 1-го типу);} \\ 0 \leq I_{2_z} \leq 25 \text{ (для гірок 2-го типу);} \\ I_{4_z} \geq 7; 7 \leq I_{5_z} \leq 26,5; 0 < V_{\text{р}}^{\text{РБ}} \leq 0,2; \\ \frac{I_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - t_{\text{ВИХ РБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - 1 \geq 0; \\ \frac{I_{\text{в}}^{\text{ХБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{СТР.(УП.)}} - 1 \geq 0 \end{cases}$$

і обмеженнях рівностях

$$I_{2_z} = I_{1_z} - 25; I_{3_z} = 7; I_{6_z} = 1,5; I_{7_z} = 0,6;$$

$$\frac{I_{\text{в}}^{\text{РБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - t_{\text{ВИХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}} - 1 = 0;$$

$$\frac{I_{\text{в}}^{\text{ХБ}} - \Delta l_{\text{відр}}}{V_{\text{р}}} + t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{ОСТ.СТР}} - t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{ОСТ.СТР}} - 1 = 0,$$

де  $t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{СТР.(УП.)}}$ ,  $t_{\text{ВИХ РБ}}^{\text{СТР.(УП.)}}$ ,  $t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{СТР.(УП.)}}$ ,  $t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{СТР.(УП.)}}$ ,

$t_{\text{ВХ ХБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$ ,  $t_{\text{ВИХ РБ}}^{\text{ОСТ.УП.ІП}}$ ,  $t_{\text{ВХ РБ}}^{\text{ОСТ.СТР}}$ ,  $t_{\text{ВИХ ХБ}}^{\text{ОСТ.СТР}}$  визначаються у несприятливих метеорологічних умовах з системи диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dV^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z})}{dt} = \\ = g_{\text{РБ}} \cdot \left[ I_z(S_{\text{РБ}}(t)) - w_{\text{о}}^{\text{РБ}} - w_{\text{сн}}^{\text{РБ}}(S_{\text{РБ}}(t)) - \right. \\ \left. - w_{\text{сн}}^{\text{РБ}}(V^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{РБ}}(t)) - \right. \\ \left. - w_{\text{сн}}^{\text{РБ}}(V^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{РБ}}(t), V_{\text{в}}^{\text{РБ}}(t), \beta^{\text{РБ}}(t)) \right] \cdot 10^{-3}; \\ dS_{\text{РБ}} = V^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}) \cdot dt; \\ \frac{dV^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z})}{dt} = \\ = g_{\text{ХБ}} \cdot \left[ I_z(S_{\text{ХБ}}(t)) - w_{\text{о}}^{\text{ХБ}} - w_{\text{сн}}^{\text{ХБ}}(S_{\text{ХБ}}(t)) - w_{\text{г}}^{\text{ХБ}}(S_{\text{ХБ}}(t), h_{\text{г}}^{\text{ХБ}}(t)) \right. \\ \left. - w_{\text{сн}}^{\text{ХБ}}(V^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{ХБ}}(t)) - \right. \\ \left. - w_{\text{сн}}^{\text{ХБ}}(V^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{ХБ}}(t), V_{\text{в}}^{\text{ХБ}}(t), \beta^{\text{ХБ}}(t)) \right] \cdot 10^{-3}; \\ dS_{\text{ХБ}} = V^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}) \cdot dt, \end{cases}$$

де  $V^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z})$ ,  $V^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z})$  – миттєва швидкість відповідно РБ і ХБ, м/с;

$g_{\text{РБ}}$ ,  $g_{\text{ХБ}}$  – прискорення вільного падіння з урахуванням інерції мас, що обертаються, відповідно РБ і ХБ, м/с<sup>2</sup>;

$I_z(S_{\text{РБ}}(t))$ ,  $I_z(S_{\text{ХБ}}(t))$  – миттєва крутизна елементу поздовжнього профілю, о/оо, відповідно у точці місцезнаходження РБ і ХБ, координати якої визначаються в залежності від пройденого шляху РБ на сортувальну колію  $z$  ( $S_{\text{РБ}}(t)$ ) і ХБ на суміжну із  $z$  колію ( $S_{\text{ХБ}}(t)$ ), м;

$w_{\text{о}}^{\text{РБ}}$ ,  $w_{\text{о}}^{\text{ХБ}}$  – основний питомий опір відповідно РБ і ХБ, Н/кН;

$w_{\text{сн}}^{\text{РБ}}(S_{\text{РБ}}(t))$ ,  $w_{\text{сн}}^{\text{ХБ}}(S_{\text{ХБ}}(t))$  – миттєвий додатковий питомий опір руху відповідно РБ і ХБ від снігу і інею, Н/кН;

$$w_{\text{сн}}^{\text{РБ}}(V^{\text{РБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{РБ}}(t)),$$

$w_{\text{сн}}^{\text{ХБ}}(V^{\text{ХБ}}(t, I_{1_z}, I_{2_z}, \dots, I_{7_z}), S_{\text{ХБ}}(t))$  – випадкове значення миттєвого додаткового питомого опору руху відпо-

відно РБ і ХБ від стрілок і кривих, Н/кН, по маршруту скочування РБ на сортувальну колію  $z$  і ХБ на суміжну із  $z$  колію;

$$w_{свz}^{*РБ} \left( V^{*РБ} \left( t, I_{1z}, I_{2z}, \dots, I_{7z} \right), S_{РБ}(t), V_B^{*РБ}(t), \beta^{*РБ}(t) \right),$$

$w_{свz}^{*ХБ} \left( V^{*ХБ} \left( t, I_{1z}, I_{2z}, \dots, I_{7z} \right), S_{ХБ}(t), V_B^{*ХБ}(t), \beta^{*ХБ}(t) \right)$  – випадкове значення миттєвого додаткового питомого опору руху відповідно РБ і ХБ від середовища і вітру, Н/кН, по маршруту скочування РБ на сортувальну колію  $z$  і ХБ на суміжну із  $z$  колію;

$V_B^{*РБ}(t)$ ,  $V_B^{*ХБ}(t)$  – випадкове значення миттєвої швидкості вітру відповідно у точці місцезнаходження РБ і ХБ, м/с;

$\beta^{*РБ}(t)$ ,  $\beta^{*ХБ}(t)$  – випадкове значення миттєвого кута між напрямком вітру і напрямком руху відповідно РБ і ХБ у точці їх місцезнаходження, °;

$w_r^{ХБ} \left( S_{ХБ}(t), h_r^{ХБ}(t) \right)$  – миттєвий питомий опір руху ХБ від гальмування на гіркових гальмових позиціях, Н/кН;

$h_r^{ХБ}(t)$  – миттєва величина гальмування ХБ на гіркових гальмових позиціях, кДж/кН.

## 6. Висновки

Методи розрахунку раціональних параметрів позовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок, що запропоновані автором, враховують реальний неупорядкований характер пульсацій швидкості і напрямку вітру у приземному слою, стохастичну природу додаткового питомого опору руху вагона від стрілок і кривих, план гіркової горловини при визначенні додаткового питомого опору від середовища і вітру та дозволяють отримати такі конструктивні параметри сортувальних гірок, які в повній мірі відповідають технічним і технологічним вимогам, забезпечують безпеку сортувального процесу і мінімізують використання паливно-енергетичних і виробничих ресурсів.

## Література

1. Правдин Н.В. Расчет параметров сортировочной горки с учетом случайных ходовых свойств отцепов / Н.В. Правдин, С.А. Бессоненко // Трансп.: наука, техн., упр. – 2007. – № 7. – С. 8–15.

2. Правдин Н.В. Определение уклонов скоростных участков и тормозных позиций на спускной части сортировочной горки / Н.В. Правдин, С.А. Бессоненко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2008. – № 9. – С. 6–10.
3. Бессоненко С.А. Оптимизация параметров сортировочной горки по времени расформирования составов / С.А. Бессоненко // Трансп.: наука, техн., упр. – 2007. – № 9. – С. 30–34.
4. Бессоненко С.А. Комплексный расчет уклонов продольного профиля спускной части и высоты сортировочной горки по вероятностным показателям / С.А. Бессоненко // Трансп.: наука, техн., упр. – 2006. – № 7. – С. 12–19.
5. Бессоненко С.А. Оптимизация основных параметров сортировочной горки / С.А. Бессоненко // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: сб. науч. ст. / ред. С.А. Бессоненко, А.В. Дмитренко. – Новосибирск, 2008. – С. 4–25.
6. Огарь А.Н. Повышение ресурсосбережения и эффективности функционирования сортировочных горок при оптимизации продольного профиля: дисс... кандидата техн. наук: 05.22.20 / А.Н. Огарь. – Харьков, 2002. – 191 с.
7. Берестов І.В. Математична модель для визначення оптимальних конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок / І.В. Берестов, О.М. Огар, О.Б. Ахієзер, М.Ю. Куценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – № 1/6(37). – С. 4–8.
8. Берестов І.В. До питання розробки методики комплексного розрахунку оптимальних конструктивних параметрів сортувальних гірок / І.В. Берестов, О.М. Огар, О.Б. Ахієзер, М.Ю. Куценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – № 2/3(38). – С. 56–60.
9. Огар О.М. Удосконалення наукового підходу до розрахунку висоти сортувальної гірки / О.М. Огар // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2009. – № 4/3(40). – С. 44–47.
10. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР // ВСН 207–89/МПС. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
11. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю.П. Зайченко. – К.: Слово, 2003. – 688 с.